



DEUTSCHES  
PATENTAMT

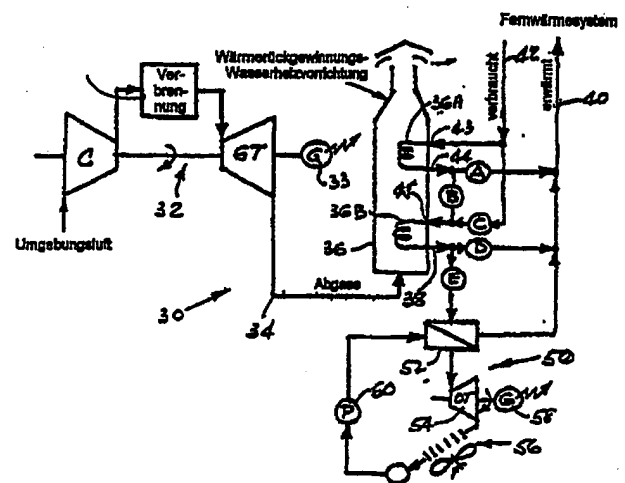
21 Aktenzeichen: 196 30 058.4  
22 Anmeldetag: 25. 7. 98  
43 Offenlegungstag: 29. 1. 98

71 Anmelder:  
Ormat Industries, Ltd., Yavne, IL  
74 Vertreter:  
Kador und Kollegen, 80469 München

72 Erfinder:  
Bronicki, Lucien Y., Yavne, IL

54 Jahreszeitlich konfigurierbares Heizkraftwerk mit kombiniertem Zyklus

57 Ein jahreszeitlich konfigurierbares Heizkraftwerk (30) mit kombiniertem Zyklus, das eine Gasturbineneinheit (32) zum Erzeugen elektrischer Leistung und heißer Abgase und eine Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) zum Aufnehmen der Abgase enthält. Die Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) enthält einen indirekten Wärmetauscher (56A) zum Übertragen der Wärme in den Abgasen an das Wasser im Wärmetauscher (56A), wodurch heißes Wasser erzeugt wird. Das Kraftwerk (30) enthält ferner eine Heißwassernutzvorrichtung (12), die das ihr zugeführte heiße Wasser aufnimmt und die Wärme im heißen Wasser in jahreszeitlich schwankender Menge nutzt. Ferner ist ein organischer Rankinezyklus-Konverter (50) mit einem Verdampfer (52), der das ihm zugeführte heiße Wasser aufnimmt und organischen Dampf erzeugt, einer Turbine (54) für organischen Dampf zum Entspannen des organischen Dampfes und zum Erzeugen entspannten organischen Dampfes und elektrischer Leistung, einem Kondensator (58) für organischen Dampf zum Kondensieren des entspannten organischen Dampfes und zum Erzeugen von Kondensat sowie einer Vorrichtung (60) zum Zurückführen des Kondensats zum Verdampfer (52) vorgesehen. Wahlfrei einstellbare Ventile (A, B, C, D, E) verbinden die Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) mit der Heißwassernutzvorrichtung (12) und dem Konverter (50), um die Menge des heißen Wassers, das dem Verdampfer (52) des Konverters (50) und der Heißwassernutzvorrichtung (12) zugeführt ...



Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der jahreszeitlich konfigurierbaren Heizkraftwerkssysteme mit kombiniertem Zyklus und insbesondere auf ein Kraftwerk dieses Typs, das heißes Wasser für eine Heißwassernutzvorrichtung wie z. B. ein Fernwärmesystem zur Verfügung stellt.

In einem Heizkraftwerk mit kombiniertem Zyklus wird Wärme, die in den heißen Abgasen enthalten ist, welche von einer Generator antreibenden Gasturbine erzeugt werden, einem Wärmerückgewinnungs-Dampfgenerator (HRSG) zugeführt, der Dampf erzeugt, der einer Dampfturbine zugeführt wird, die zusätzliche Leistung erzeugt. Diese Anordnung kann eingesetzt werden, wenn das Kraftwerk mit einer Heißwassernutzvorrichtung wie z. B. einem Fernwärmesystem ausgestattet ist. Letzteres ist ein System, das Wärme auf niedrigem Niveau für Raumheizung und/oder leichte industrielle Zwecke verwendet, wobei ein bedeutender Aspekt desselben eine jahreszeitliche Veränderung der vom System beanspruchten Wärmelast ist.

Bei dem obenbeschriebenen herkömmlichen Kraftwerk wird Dampf aus einer Zwischenstufe der Dampfturbine entnommen und der Heißwassernutzvorrichtung zugeführt. Das verbrauchte, gekühlte Wasser, das von der Heißwassernutzvorrichtung erzeugt wird, wird gemeinsam mit Kondensat, das von einem Kondensator erzeugt wird, durch den das Abgas der Dampfturbine geleitet wird, zum HRSG zurückgeführt, um den Wasserkreislauf zu schließen.

Bei einer solchen herkömmlichen Anordnung bestehen mehrere Probleme. Erstens sind HRSGs und Dampfturbinen in erster Linie aufgrund der verwendeten Drücke zur Maximierung des thermischen Wirkungsgrades relativ kompliziert und somit hinsichtlich der Investitionskosten und der Wartung relativ teuer. Außerdem sind die Systemsteuerungen und Operationen kompliziert, um eine angepaßte und sichere Steuerung der Dampfturbine in Kombination mit der Heißwassernutzvorrichtung sicherzustellen. Die Wasserbehandlung ist maßgeblich für einen stationären Ganzjahresbetrieb. Schließlich werden die erforderlichen Steuerungen noch komplizierter, wenn die von der Heißwassernutzvorrichtung benötigte Wärmemenge jahreszeitlich schwankt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein neuartiges und verbessertes Heizkraftwerk mit kombiniertem Zyklus zu schaffen, das einfacher und kostengünstiger aufzubauen und zu betreiben ist als Kraftwerke des Standes der Technik.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein jahreszeitlich konfigurierbares Heizkraftwerk mit kombiniertem Zyklus, das die in den Ansprüchen 1, 8 oder 9 angegebenen Merkmale besitzt. Die abhängigen Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen gerichtet.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, die auf die beigelegten Zeichnungen Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild eines Heizkraftwerkes mit kombiniertem Zyklus gemäß der vorliegenden Erfindung, das eine Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung, eine Heißwassernutzvorrichtung sowie einen organischen Rankinezyklus-Konverter enthält;

Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild eines herkömmlichen Heizkraftwerkes mit kombiniertem Zyklus, das zeigt, wie Wärme mit niedrigem Niveau einer Wärmenutzvorrichtung wie z. B. einem Fernwärmesystem zugeführt wird;

Fig. 3A den Heißwasserströmungsweg während eines Betriebsmodus des Kraftwerkes der Fig. 1, bei dem das Fernwärmesystem eine relativ geringe Wärmelastanforderung aufweist;

Fig. 3B den Heißwasserströmungsweg während eines Betriebsmodus des Kraftwerkes der Fig. 1, bei dem das Fernwärmesystem eine relativ hohe Wärmelastanforderung aufweist;

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Abwandlung des in Fig. 1 gezeigten Kraftwerkes, das einen flüssigkeitsgekühlten Kondensator für die Turbine für organischen Dampf zeigt, der dazu dient, das von der Heißwassernutzvorrichtung verbrauchte gekühlte Wasser vorzuwärmen; und

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer zentralen Steuerung für die Operation der Ventile, die die Verbindungen zwischen der Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung, der Heißwassernutzvorrichtung und dem organischen Rankinezyklus-Konverter herstellen.

In Fig. 2 bezeichnet das Bezugszeichen 10 ein herkömmliches Heizkraftwerk mit kombiniertem Zyklus, bei dem heißes Wasser einer Wärmenutzvorrichtung in Form eines Fernwärmesystems 12 zugeführt wird. Eine Gasturbineneinheit 14 erzeugt heiße Abgase, während die Turbine einen Generator antreibt, der elektrische Leistung erzeugt. Die in diesen Gasen enthaltene Wärme wird auf das im Wärmerückgewinnungs-Dampfgenerator 16 enthaltene Wasser übertragen, wodurch Dampf erzeugt wird, der in der Dampfturbine 18 entspannt wird, um elektrische Leistung zu erzeugen, woraufhin der entspannte Dampf im Kondensator 20 kondensiert wird. Das von diesem Kondensator erzeugte Kondensat wird von einer Kreislaufpumpe zum Dampfgenerator 16 zurückgeführt.

Aus einer Zwischenstufe 22 der Turbine 18 wird Dampf mit niedrigem Niveau abgezapft und über ein Druckminderungsventil 23 geführt, bevor er zu heißem Wasser umgesetzt wird, das zum System 12 geleitet wird. Das verbrauchte, gekühlte Wasser, das vom System 12 erzeugt wird, wird über eine Wasserbehandlungseinheit 24 zum Dampfgenerator 16 zurückgeführt.

Wie in Fig. 1 gezeigt, enthält ein Kraftwerk 30 gemäß der vorliegenden Erfindung eine Gasturbineneinheit 32 zum Erzeugen elektrischer Leistung im Generator 33 und heiße Abgase in der Abgasleitung 34. Die Abgase werden über eine Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung 36 in die Atmosphäre abgegeben, wobei diese Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung 36 einen indirekten Wärmetauscher in Form mehrerer Sätze von Windungen 36A, 36B besitzt, mit denen die Wärme zwischen den Abgasen und dem durch die Windungen fließenden Wasser ausgetauscht wird, so daß am Auslaß 38 heißes Wasser austritt. Eine Heißwassernutzvorrichtung in Form eines Fernwärmesystems 12 nimmt das heiße Wasser auf, das über eine Einlaßleitung 40 zugeführt wird. Das System 12 verwendet die Wärme im heißen Wasser in der Leitung 40 in jahreszeitlich

schwankenden Mengen und erzeugt verbrauchtes, gekühltes Wasser, das über eine Leitung 42 zur Heizvorrichtung 36 zurückgeführt wird.

Das verbrauchte Wasser tritt in den Einlaß 43 der oberen Windung 36A neben der Spitze des Stapels ein, der den Mantel der Heizvorrichtung 36 bildet, und tritt aus dieser Windung am Auslaß 44 aus, der über das Ventil A mit der Leitung 40 und über das Ventil B mit dem Einlaß 45 der unteren Windung 36B verbunden ist. Die Leitung 42, die das verbrauchte Wasser führt, ist ferner über das Ventil C mit dem Einlaß 45 verbunden, mit dem Ergebnis, daß das verbrauchte Wasser vom System 12 den Windungen 36A und 36B parallel zugeführt wird, wenn das Ventil C geöffnet ist. Wenn das Ventil B geöffnet und das Ventil A geschlossen ist (Fig. 3A), läuft ein Teil des verbrauchten Wassers durch die Windung 36A und wird erwärmt, wobei jedoch das gesamte verbrauchte Wasser durch die Windung 36B läuft und weiter erwärmt wird.

Der Auslaß 38 der Windung 36B ist über das Ventil D mit der Leitung 40 verbunden. Wenn die Ventile A, C und D geschlossen sind und das Ventil B geöffnet ist (Fig. 3B), fließt ein Teil des verbrauchten Wassers durch die Windung 36A und der Rest durch die Windung 36B.

Der organische Rankinezyklus-Konverter 50 ist über das Ventil E mit dem Auslaß 38 verbunden. Der Konverter 50 enthält einen Verdampfer 52, der ein organisches Fluid wie z. B. Isopentan enthält und das über das Ventil E zugeführte heiße Wasser aufnimmt, um organischen Dampf zu erzeugen. Die Turbine 54 für organischen Dampf entspannt den organischen Dampf und erzeugt entspannten organischen Dampf, der dem Kondensator für organischen Dampf 56 zugeführt wird, und treibt den Generator 58 an, der elektrische Leistung erzeugt.

Der Kondensator 56 kondensiert den entspannten organischen Dampf, der von der Turbine 54 abgegeben wird, und erzeugt Kondensat, wobei die Kreislaufpumpe 60 das Kondensat zum Verdampfer zurückführt, um den Kreislauf des organischen Fluids zu schließen. Wenn der Kondensator 56 gegenüber dem Verdampfer ausreichend erhöht angeordnet ist, kann die Kreislaufpumpe weggelassen werden.

Die Ventile A, B, C, D und E bilden wahlfrei einstellbare Ventile, die die Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung 36 mit der Heißwassernutzvorrichtung 12 und mit dem Konverter 50 verbinden, um die Verteilung des dem Verdampfer 52 des Konverters und der Heißwassernutzvorrichtung 12 zugeführten heißen Wassers wahlfrei zu regulieren. Genauer, wenn die Wärmelast der Heißwassernutzvorrichtung niedrig ist, z. B. während des Sommers, wird die vom Konverter 50 erzeugte elektrische Leistung maximiert. In einem solchen Fall sind die Zustände der Ventile wie folgt:

Ventil	A	B	C	D	E
Zustand	0	1	1	0	1

Der Zustand 0 bedeutet, daß das Ventil geschlossen ist (d. h. es wird keine Strömung zugelassen), während Zustand 1 bedeutet, daß das Ventil geöffnet ist (d. h. es wird eine Strömung zugelassen).

Wenn die Wärmelast der Heißwassernutzvorrichtung hoch ist, z. B. während des Winters, wird die vom Konverter 50 erzeugte elektrische Leistung maximiert. In einem solchen Fall sind die Zustände der Ventile wie folgt:

Ventil	A	B	C	D	E
Zustand	1	0	1	1	0

Bei dieser Anordnung, in der nur zwei Zustände (d. h. geöffnet/geschlossen oder ein/aus) für die Ventile zulässig sind, liefert der Generator 58 während des Sommers 100% Leistung, während er während des Winters keine Leistung liefert. Bei dieser Anordnung sind die Ventile und die zugehörigen Steuerungen so konstruiert und angeordnet, daß das gesamte der Heißwassernutzvorrichtung zugeführte Wasser entweder den Konverter umgeht und direkt in die Vorrichtung geleitet wird oder durch den Konverter fließt, bevor es der Vorrichtung zugeführt wird.

Obwohl die Ventile manuell betätigt werden können, werden sie vorzugsweise von einer zentralen Steuerung elektrisch oder pneumatisch betätigt, wie in Fig. 5 gezeigt ist. In einem solchen Fall bildet die zentrale Steuerung in Verbindung mit den Ventilen eine Vorrichtung zum Zuführen von heißem Wasser aus dem indirekten Wärmetauscher in der Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung entweder direkt zur Heißwassernutzvorrichtung, wobei der Verdampfer des Konverters umgangen wird, oder seriell durch den Verdampfer zur Heißwassernutzvorrichtung.

Die vorliegende Erfindung verwendet jedoch auch eine Anordnung, bei der die Ventile andere Zustände (d. h. teilweise geöffnet) annehmen können. In einem solchen Fall kann das Ventil E teilweise geöffnet sein, um eine Teilströmung in den Verdampfer 52 des Konverters 50 zu bewirken.

Aufgrund seiner Einfachheit wird für den Konverter 50 ein luftgekühlter Kondensator bevorzugt. Wo es die Umstände zulassen, kann jedoch der Kondensator für organischen Dampf durch ein flüssiges Kühlmittel gekühlt werden. Dies ist in Fig. 4 dargestellt, die einen Konverter 50A zeigt, der dem Konverter 50 ähnlich ist. Der Konverter 50A enthält einen Verdampfer 52, der organischen Dampf der Turbine 54 für organischen Dampf zuführt, die den Generator 58 antreibt und entspannten organischen Dampf erzeugt, der dem indirekten

Wärmetauscher 56A zugeführt wird, der als Kondensator für die Turbine 54 dient. Ein flüssiges Kühlmittel wie z. B. am Ort vorhandenes Wasser, das dem Wärmetauscher 56A zugeführt wird, wird durch die Kondensation des entspannten organischen Dampfes erwärmt, wobei das erwärmte Kühlmittel dem Vorwärmer 66 zugeführt wird, der das vom Fernwärmesystem 12 erzeugte verbrauchte Wasser vorwärmt, bevor das verbrauchte Wasser zur Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung 36 zurückgeführt wird.

Die Vorteile und verbesserten Ergebnisse, die durch das Verfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung erreicht werden, werden aus der vorangehenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung deutlich. Es können verschiedene Veränderungen und Abwandlungen vorgenommen werden, ohne vom Geist und vom Umfang der Erfindung, wie sie in den beigefügten Ansprüchen beschrieben ist, abzuweichen.

#### Patentansprüche

1. Jahreszeitlich konfigurierbares Heizkraftwerk (30) mit kombiniertem Zyklus, mit einer Gasturbineneinheit (32) zum Erzeugen elektrischer Leistung und heißer Abgase, gekennzeichnet durch

(a) einer Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36), die die Abgase aufnimmt und einen indirekten Wärmetauscher (36A, 36B) enthält, um die Wärme in den Abgasen an das Wasser im Wärmetauscher (36A, 36B) zu übertragen und heißes Wasser zu erzeugen;

(b) eine Heißwassernutzvorrichtung (12), die ihr zugeführtes heißes Wasser aufnimmt, um die Wärme im heißen Wasser in jahreszeitlich schwankender Menge zu nutzen;

(c) einen organischen Rankinezyklus-Konverter (50), mit einem Verdampfer (52), der das ihm zugeführte heiße Wasser aufnimmt, um organischen Dampf zu erzeugen, einer Turbine (54) für organischen Dampf zum Entspannen des organischen Dampfes und zum Erzeugen entspannten organischen Dampfes und elektrischer Leistung, einem Kondensator (56) für organischen Dampf zum Kondensieren des entspannten organischen Dampfes und zum Erzeugen von Kondensat sowie einer Vorrichtung (60) zum Zurückführen des Kondensats zum Verdampfer (52); und

(d) wahlfrei einstellbare Ventile (A, B, C, D, E), die die Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) mit der Heißwassernutzvorrichtung (12) und dem Konverter (50) verbinden, um die Verteilung des dem Verdampfer (52) des Konverters (50) und der Heißwassernutzvorrichtung (12) zugeführten heißen Wassers wahlfrei zu regulieren.

2. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventile (A, B, C, D, E) so konstruiert und angeordnet sind, daß das gesamte der Heißwassernutzvorrichtung (12) zugeführte Wasser entweder den Konverter (50) umgeht und direkt der Vorrichtung (60) zugeführt wird oder durch den Konverter (50) fließt, bevor es der Vorrichtung (60) zugeführt wird.

3. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (56) für organischen Dampf luftgekühlt ist.

4. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (56) für organischen Dampf mit einem flüssigen Kühlmittel gekühlt wird.

5. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (56) für organischen Dampf mit einem flüssigen Kühlmittel gekühlt wird, wodurch erwärmtes Kühlmittel erzeugt wird, und die Heißwassernutzvorrichtung (12) verbrauchtes gekühltes Wasser erzeugt, das zur Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) zurückgeführt wird, und einen Vorwärmer (66) enthält, der das erwärmte Kühlmittel aufnimmt, um das verbrauchte Wasser vorzuwärmen, bevor es in die Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) zurückgeführt wird.

6. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der indirekte Wärmetauscher (56A) mehrere separate Windungen enthält.

7. Kraftwerk nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung zum wahlfreien Einstellen der Ventile (A, B, C, D, E) von einem zentralen Ort aus.

8. Heizkraftwerk (30) mit kombiniertem Zyklus, mit einer Gasturbineneinheit (32) zum Erzeugen elektrischer Leistung und heißer Abgase, gekennzeichnet durch

(a) eine Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) zum Aufnehmen der Abgase, die einen indirekten Wärmetauscher (56A) enthält, um die Wärme in den Abgasen an das Wasser im Wärmetauscher (56A) zu übertragen und heißes Wasser zu erzeugen;

(b) eine Heißwassernutzvorrichtung (12), die ihr zugeführtes heißes Wasser aufnimmt und die Wärme im heißen Wasser nutzt und verbrauchtes, gekühltes Wasser erzeugt, das der Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36) zurückgeführt wird;

(c) einen organischen Rankinezyklus-Konverter (50) mit einem Verdampfer (52), der das ihm zugeführte heiße Wasser aufnimmt, um organischen Dampf zu erzeugen, einer Turbine (54) für organischen Dampf zum Entspannen des organischen Dampfes und zum Erzeugen entspannten organischen Dampfes und elektrischer Leistung, einem Kondensator (56) für organischen Dampf zum Kondensieren des entspannten organischen Dampfes und zum Erzeugen von Kondensat sowie einer Vorrichtung (60) zum Zurückführen des Kondensats zum Verdampfer (52); und

(d) eine Vorrichtung (A, B, C, D, E) zum Zuführen von heißem Wasser aus dem indirekten Wärmetauscher (56A) entweder direkt zur Heißwassernutzvorrichtung (12), wobei der Verdampfer (52) des Konverters (50) umgangen wird, oder seriell über den Verdampfer (52) zur Heißwassernutzvorrichtung (12).

9. Heizkraftwerk (30) mit kombiniertem Zyklus, mit einer Gasturbineneinheit (32) zum Erzeugen elektrischer Leistung und heißer Abgase, einer Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36), die die Abga-

se aufnimmt und einen indirekten Wärmetauscher (56A) enthält, um die Wärme in den Abgasen an das Wasser im Wärmetauscher (56A) zu übertragen und heißes Wasser zu erzeugen, einer Heißwassernutzvorrichtung (12), die das Wasser aus dem Wärmetauscher (56A) aufnimmt und verbrauchtes gekühltes Wasser erzeugt, gekennzeichnet durch

(a) einen organischen Rankinezyklus-Konverter (50) mit einem Verdampfer (52), der das ihm zugeführte heiße Wasser aufnimmt und organischen Dampf erzeugt, einer Turbine (54) für organischem Dampf, die den organischen Dampf entspannt und entspannten organischen Dampf und elektrische Leistung erzeugt, sowie einem Kondensator (56) für organischen Dampf zum Kondensieren des entspannten organischen Dampfes und zum Erzeugen von Kondensat, sowie einer Vorrichtung (60) zum Zurückführen des Kondensats zum Verdampfer (52); und

(b) eine Vorrichtung (A, B, C, D, E) zum wahlweisen Einschalten des Konverters zwischen die Heißwassernutzvorrichtung (12) und die Wärmerückgewinnungs-Wasserheizvorrichtung (36).

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

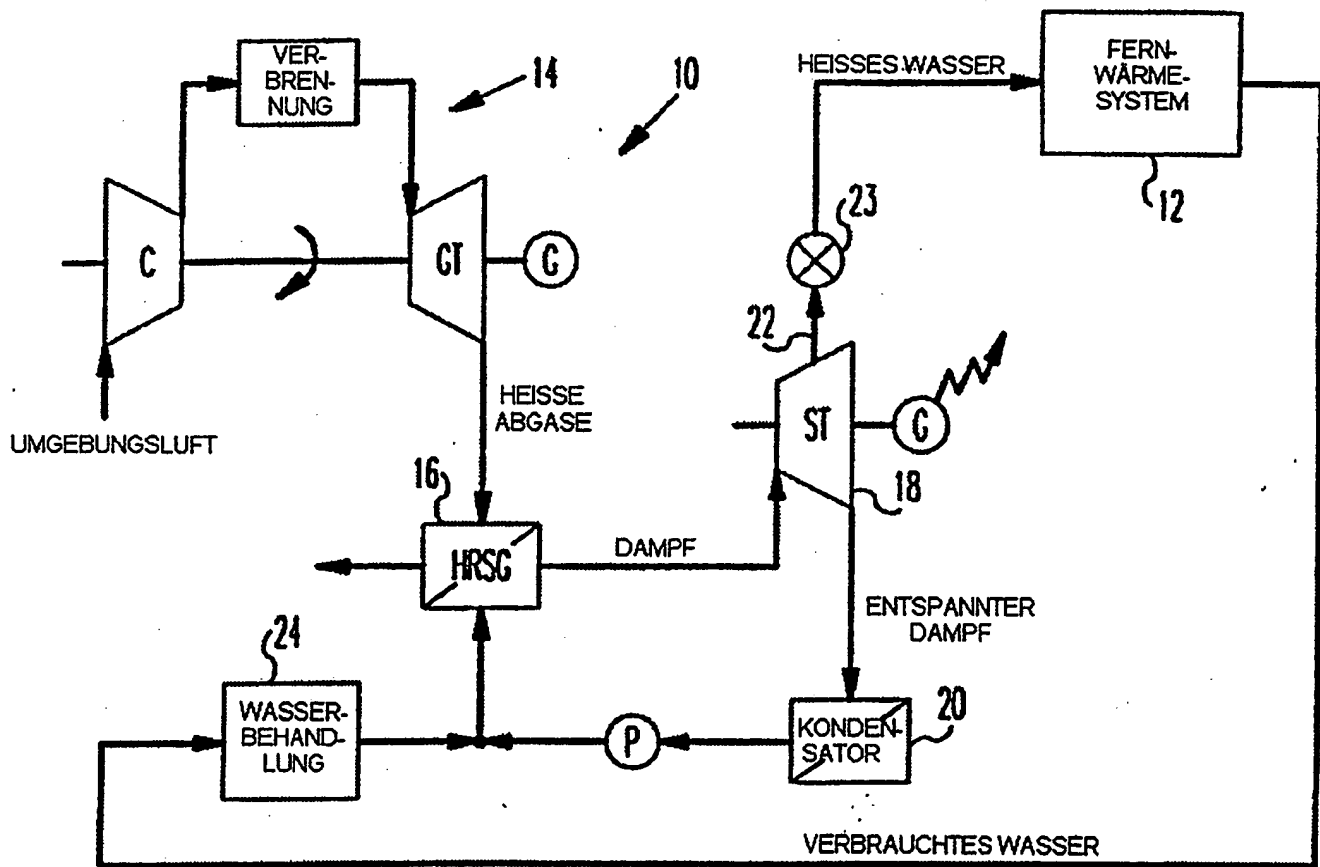
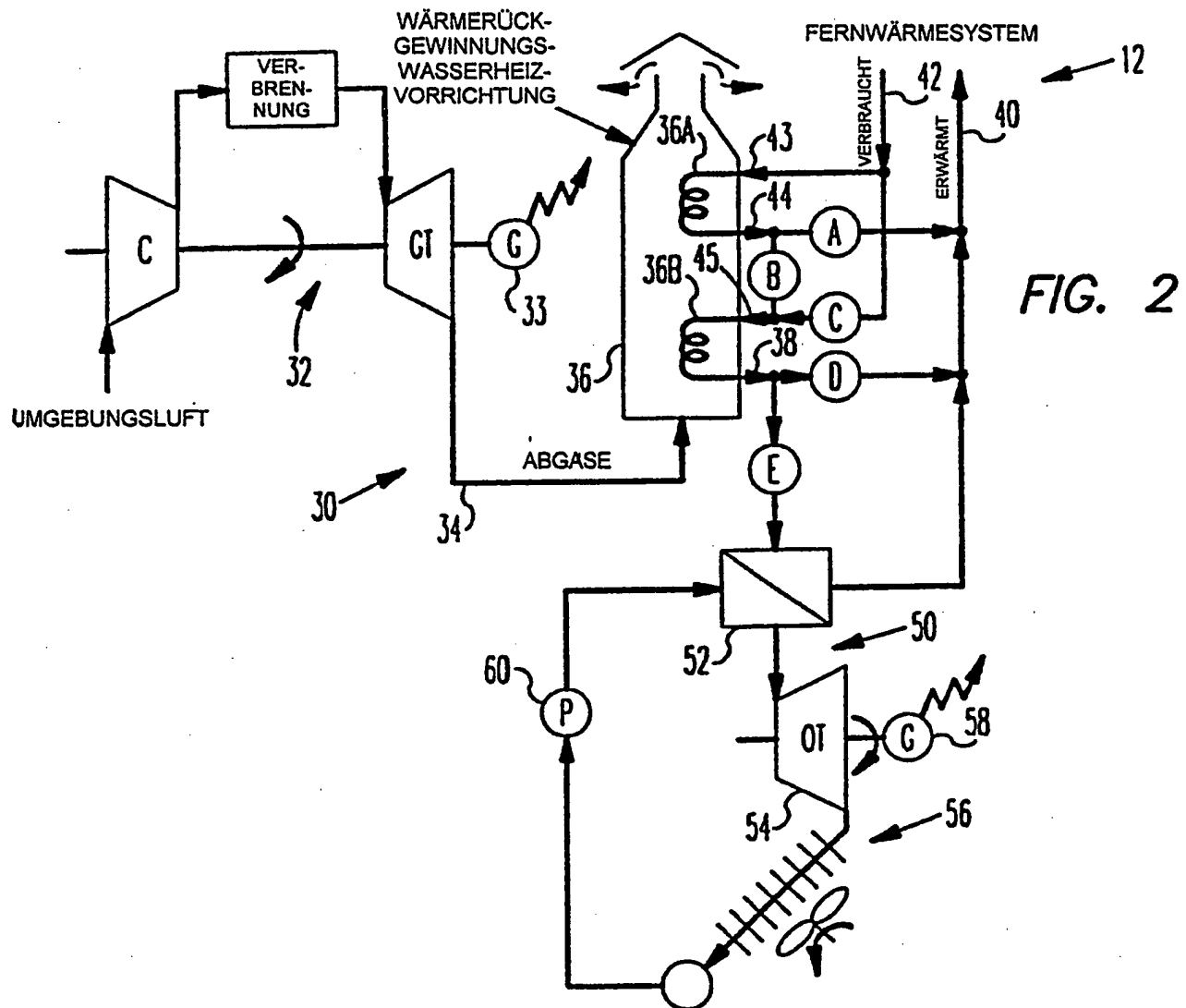


FIG. 1



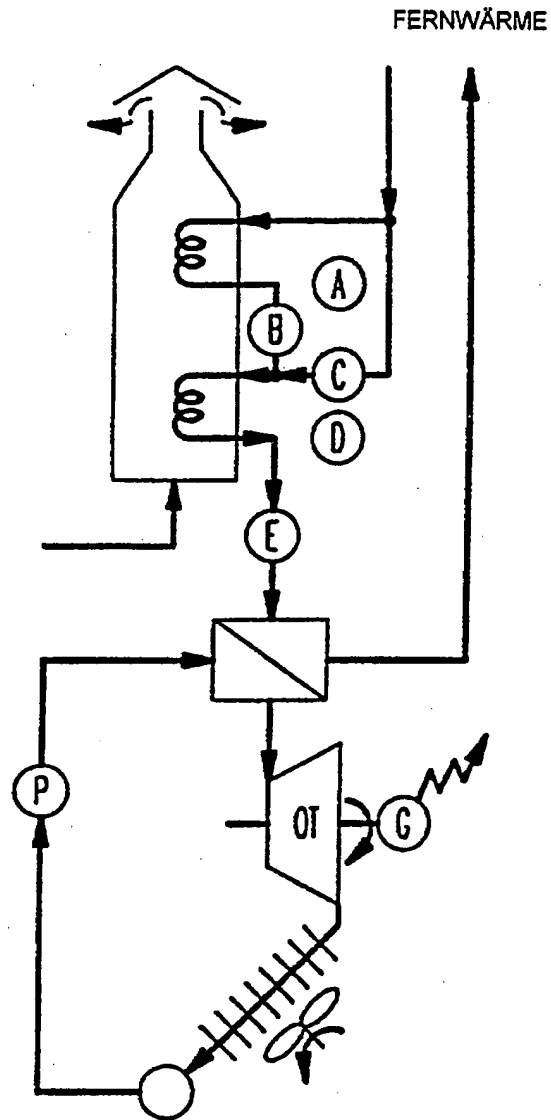
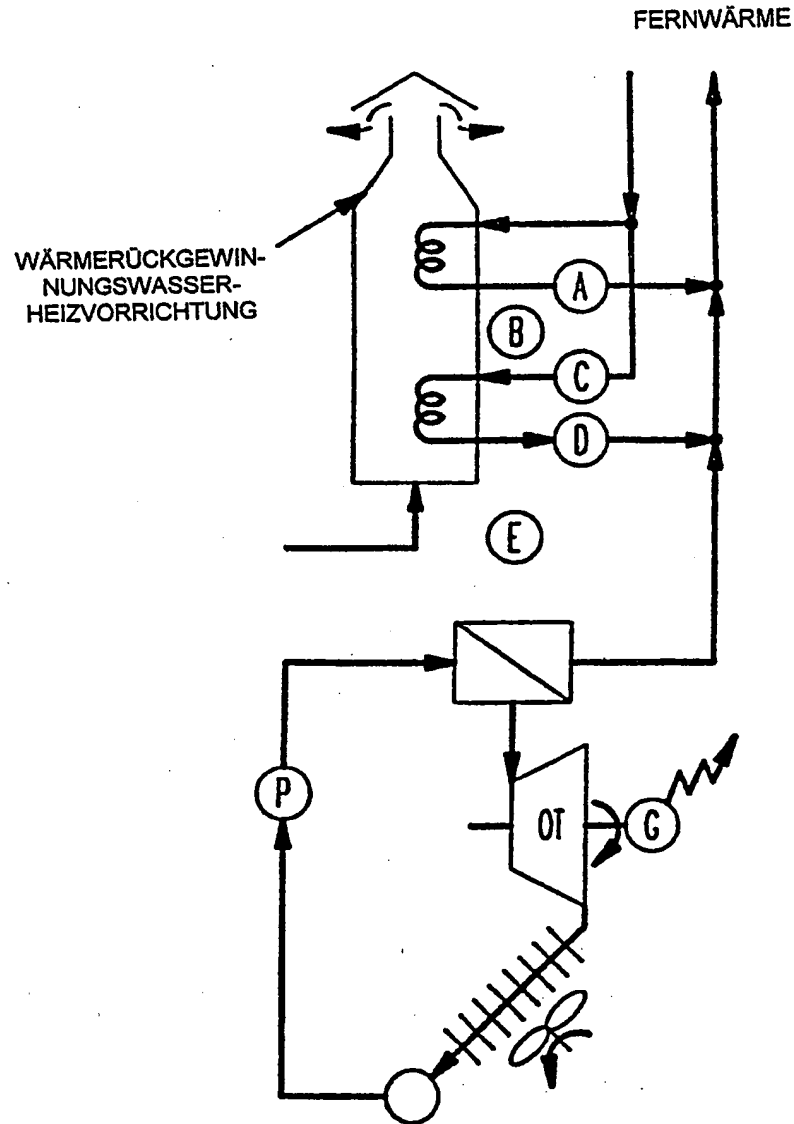


FIG. 3A  
(SOMMER)





**FIG. 3B**  
(WINTER)

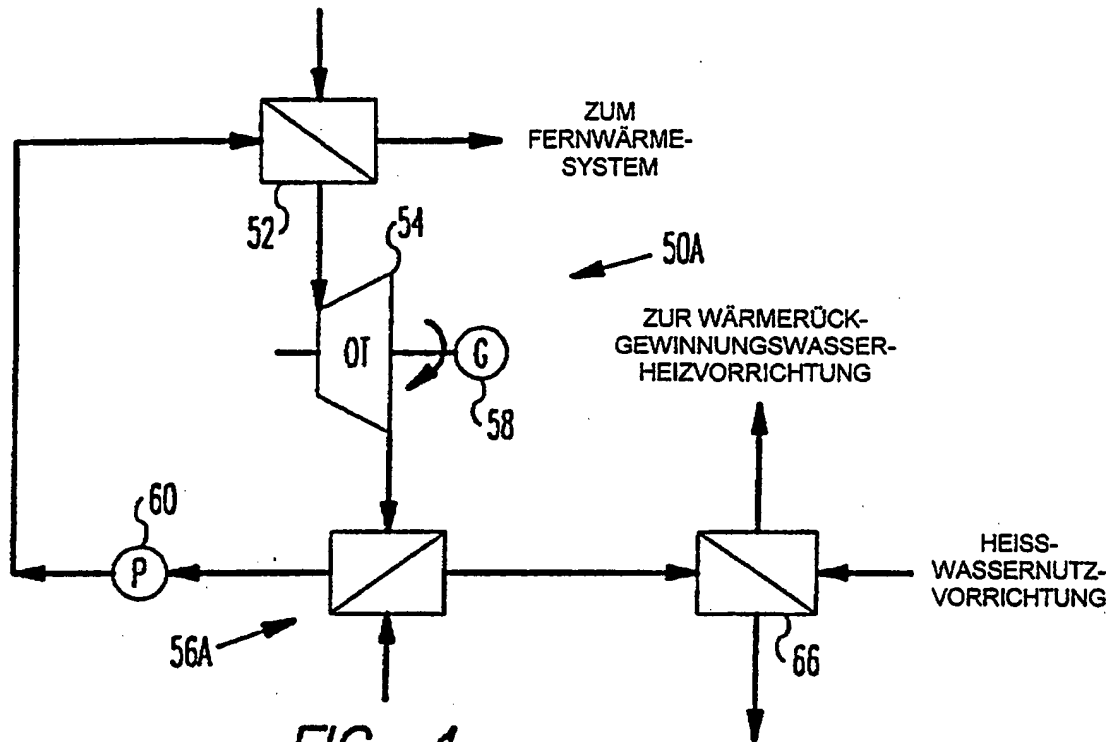


FIG. 4



FIG. 5